



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

급성 폐색전증 환자의  
이중 에너지 전산화 단층 촬영의  
폐 관류결손 측정을 이용한 예후 평가



연세대학교 대학원

의 학 과

임 동 진

급성 폐색전증 환자의  
이중 에너지 전산화 단층 촬영의  
폐 관류결손 측정을 이용한 예후 평가

지도교수 권 우 철

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2015년 12월 15일

연세대학교 대학원

의 학 과

임 동 진

# 임동진의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 권 우 철 인

심사위원 김 상 하 인

심사위원 허 진 인



연세대학교 대학원

2015년 12월 15일

## 감사의 글

대학원 석사 과정을 진행하는 내내 많은 격려와 지도를 아끼지 않으신 권우철 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 그리고 저의 논문 심사를 맡아주시고, 본 논문을 무사히 마칠 수 있도록 부족한 저에게 소중한 충고와 조언을 해주신 허진 교수님과 김상하 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한 영상의학과 전문의가 되기까지 많은 도움을 주신 김명순 교수님, 홍인수 교수님, 김영주 교수님, 차승환 교수님과 미래를 함께 고민해 주시는 최병욱 교수님, 김영진 교수님, 이해정 교수님, 홍유진 교수님, 서영주 교수님께도 감사 드립니다.

마지막으로 모든 것을 주관하시는 하나님께 감사 드립니다. 지금을 계기로 더욱 발전하는 모습을 보이도록 하겠습니다.

2015년 12월 15일

임동진 올림

# 차 례

차례	i
그림 차례	ii
표 차례	ii
국문 요약	1
1. 서론	4
2. 대상 및 방법	7
2.1. 대상환자	7
2.2. CT 검사 방법	9
2.3. 영상 분석	10
2.4. 통계 분석	15
3. 결과	17
3.1. 대상 환자의 특성 분석	17
3.2. 임상적 인자 및 영상 분석	17
3.3. 환자의 사망에 영향을 미치는 인자 분석	24
4. 고찰	31
5. 결론	36
참고 문헌	37
영문 요약	41

## 그림 차례

그림 1. 연구대상자 선정 흐름도 .....	8
그림 2. 심실 직경 비 측정의 예 .....	12
그림 3. LungPBV(Syngo Dual Energy, Siemens Healthcare)를 이용하여 얻은 요오드 분포 지도와 관류결손부피 측정의 예 .....	14
그림 4. 급성 폐색전증으로 진단된 68세 여자 환자의 증례 .....	22
그림 5. 급성 폐색전증으로 진단된 39세 여자 환자의 증례 .....	23

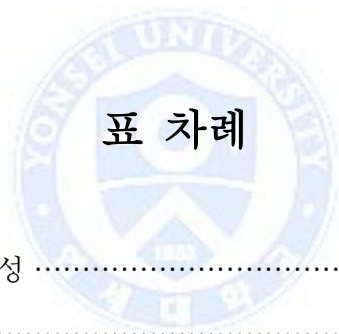


표 1. 환자군의 임상적 특성 .....	19-20
표 2. 환자군의 영상 분석 .....	21
표 3. Cox proportional hazard regression model의 단변수 분석 (univariate analysis) .....	27
표 4. Cox proportional hazard regression model의 다변수 분석 (multivariate analysis); 30일 내 사망 .....	28
표 5. Cox proportional hazard regression model의 다변수 분석 (multivariate analysis); 폐색전증 연관 사망 .....	29
표 6. 모델간 c-index 비교 분석 .....	30

## 국문 요약

### 급성 폐색전증 환자의 이중 에너지 전산화 단층 촬영의 폐 관류결손 측정을 이용한 예후 평가

목적: 이중 에너지 전산화 단층 촬영(dual-energy computed tomography, DE CT)에서는 요오드 분포 지도를 통하여 폐관류량의 측정이 가능하다. 폐색전증의 진단 뿐만 아니라 예후예측에도 유용하다는 연구 보고들이 있다. 본 연구에서는 이중 에너지 전산화 단층 촬영 폐혈관 조영검사(dual-energy computed tomography pulmonary angiography, DE CT-PA)의 관류 결손을 측정하여 급성 폐색전증의 사망률과의 상관관계를 알아보고, 기존의 예후예측인자로 사용되는 심실 직경 비(우측 심실 대 좌측 심실의 직경의 비, RVD/LVD ratio)에 관류결손측정치(상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트, RelPD %)를 추가적으로 분석을 할 경우에 예후예측인자로서의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2010년 6월부터 2015년 7월까지 세브란스 병원에서 DE CT-PA를 촬영한 급성 폐색전증 환자 총 146명을 대상으로 하였다. 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군과 폐색전증 연관 사망 환자군을 대상으로 하여 3가지의 모델을 만들어 Cox proportional hazard regression model을 이용한



비례위험도 및 C-index를 비교해 보았다. 각각의 모델은 다음과 같이 구성을 하여 분석을 하였다. 모델 1은 임상적 위험인자에 심실 직경 비를 추가한 경우, 모델 2는 임상적 위험인자에 관류결손측정치를 추가한 경우, 모델 3은 임상적 위험인자에 심실 직경 비와 관류결손측정치를 추가한 경우로 구성하여서 분석을 하였다.

결과: 146명의 급성 폐색전증 환자 중에서 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군은 24명(15.3%)이었고, 폐색전증 연관 사망 환자는 20명(12.7%) 이었다. 심실 직경 비는 30일 내 사망한 환자군에서 평균 1.12로 생존군의 평균 0.96과 유의한( $P < 0.05$ ) 차이를 보였고, 폐색전증 연관 사망 환자군에서도 평균 1.14로 생존군의 평균 0.96과 유의한 차이를 보였다. 관류결손측정치 역시 30일 내 사망한 환자군에서 13.1%와 생존군 9.0%로 유의한 차이를 보였고, 폐색전증 연관 사망 환자군에서도 14.4%와 생존군 8.9%로 유의한 차이를 보였다.

임상적 위험인자에 심실 직경 비를 추가한 모델 1에서 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군의 비례위험도는 각각 6.666과 40.273으로 나타났고, C-index는 각각 0.857과 0.889로 측정 되었다. 관류결손측정치를 추가한 모델 2에서는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 1.070과 1.082의 비례 위험도를 보였고, C-index도 0.805와 0.775로 급성 폐색전증 환자들의 사망률과 의미 있는 상관관계를 보였다. 모델 3에서 심실 직경 비는

30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 5.400과 32.262의 비례 위험도를 보였고, 관류결손측정치는 각각 1.038과 1.037로 1보다는 높지만 앞의 두 모델에 비하여 상대적으로 낮은 비례 위험도를 보였다. C-index는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 0.863과 0.903으로 측정되었다. 각 모델의 c-index를 비교해 보았을 때 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군에서는 서로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 폐색전증 연관 사망 환자군에서는 모델1과 모델3에서 모델2보다 의미 있게 c-index가 높았고, 모델1과 모델 3사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

결론: 급성 폐색전증 환자의 이중 에너지 전산화 단층 촬영에서 측정한 관류 결손측정치가 환자 사망(30일내 사망 및 폐색전증 연관 사망)을 예측하는데 유용한 인자였다. 하지만 현재 사용되고 있는 심실 직경 비와 비교해 보았을 때 예후 예측인자로서 추가적인 유용성은 없었다.

---

핵심되는 말 : 급성 폐색전증, 이중 에너지 전산화 단층 촬영, 폐혈관 조영검사,

심실 직경 비, 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트

급성 폐색전증 환자의 이중 에너지 전산화 단층 촬영의  
폐 관류결손 측정을 이용한 예후 평가

<지도교수 권 우 철>

연세대학교 대학원 의학과

임 동 진



## 1. 서론

폐색전증은 어떤 물질이 폐동맥 및 그 가지를 막아서 일으키는 질환으로 대개 심부 정맥의 혈전으로부터 유발된다. 폐동맥의 혈류가 막히면 우심실에 압력이 가해지게 되고 이로 인하여 숨이 차고, 흡기 시 흉통 및 심계항진 등이 유발 될 수 있다. 심해지면 저혈압, 급사에 까지 이를 수 있다. [1]

폐색전증의 진단을 위해 다양한 검사 방법들이 사용될 수 있으나 최근에는 컴퓨터 단층 촬영 폐혈관 조영검사(Computed tomography pulmonary

angiography, CT-PA)가 표준 검사로 사용되고 있다. [2] CT 영상 기술의 발전으로 인하여 CT 영상 기술을 이용하여 폐색전증 환자에서 유용한 예후 예측 인자를 찾기 위한 여러 가지 연구들도 진행되었다. 특히 우심실의 기능 이상을 나타내는 심실 직경 비(우측 심실 대 좌측 심실의 직경의 비, RVD/LVD ratio), 또는 심실 부피 비(RVV/LVV ratio)가 폐색전증의 예후를 예측할 수 있는 유효한 지표임이 검증되었다. [3]

2006년, 이중 에너지 전산화 단층 촬영(dual-energy computed tomography, DE CT)이 소개된 이후 요오드 분포 지도를 통하여 폐관류량의 측정이 가능해 졌다. 폐색전증에서 DE CT를 이용한 관류 결손 측정치가 핵 의학 검사인 신티그램(scintigraphy)에서 측정된 값과 높은 상관 관계를 보인다는 연구결과가 보고 되었다. [4] DE CT-PA가 연구되면서 폐색전증의 진단 뿐만 아니라 예후예측과 관련된 연구도 진행되고 있으며 관류결손측정치(상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트, ReIPD %)가 예후예측에 유용한 인자라는 연구 결과들이 보고되고 있다. [5-6] 하지만 기존 연구들은 연구대상자의 수가 적었으며 기존에 예후지표로 사용되고 있는 심실 직경 비에 비하여 관류결손측정치가 추가적인 유용성이 있는지에 대한 연구는 부족하다.

본 연구에서는 DE CT-PA의 요오드 분포 지도를 통하여 관류 결손을 측정하여 급성 폐색전증의 사망률과의 상관관계를 알아보고, 기존의 예후 예

측인자로 사용되는 심실 직경 비에 관류결손측정치를 추가적으로 분석을 할  
경우에 예후예측인자로서의 유용성을 알아보고자 하였다.



## 2. 대상 및 방법

### 2.1. 대상 환자

본 연구는 후향적 연구로 진행되었으며 세브란스 병원 연구심의위원회의 승인을 받은 후 진행되었다. 2010년 6월부터 2015년 7월까지 세브란스 병원에서 폐색전증 또는 폐색전증 의증이라는 진단명으로 이중 에너지 전산화 단층 촬영 폐혈관 조영검사(dual-energy computed tomography pulmonary angiography, DE CT-PA)를 촬영한 19세 이상의 환자 1285명을 대상으로 하였다. 일차 스크리닝한 대상자 중에서 CT에서 폐색전증으로 진단된 278명의 환자를 대상으로 하였으며 임상적으로 급성 폐색전증 환자의 기준을 만족하지 않는 경우, 영상의 질이 떨어지거나 영상 분석이 어려운 경우는 제외하였다. 278명 중 만성 폐색전증 환자 30명과 과거에 폐색전증이 진단되어 추적관찰 및 치료 중인 환자 91명은 제외하였다. 최종적으로 본 연구는 선정기준을 만족하는 급성 폐색전증 환자 총 146명을 대상으로 하였다(그림1).

전자의무기록을 이용하여 환자의 나이, 성별, 첫 내원일, 과거력, 임상증상, D-dimer, 마지막 내원일을 조사하였다. 환자가 사망한 경우 사망일과 사망원인을 전자의무기록을 이용하여서 조사하였다.

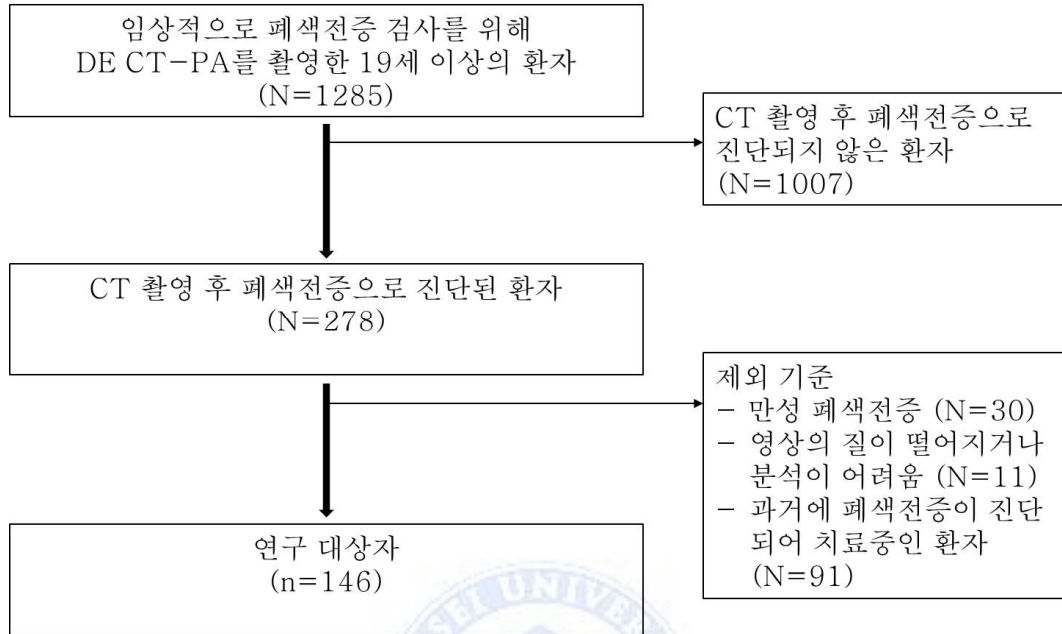


그림 1. 연구대상자 선정 흐름도.

## 2.2. CT 검사 방법

모든 환자는 2세대 64채널 DSCT 시스템(second-generation 64-channel dual-source system, Somatom Definition Flash, Siemens Health Care Sector, Forchheim, Germany)을 사용하여 이중 에너지 전산화 단층 촬영 폐혈관 조영검사를 시행 받았다. 이 시스템은 90도의 각도를 이루며 배치되어 있는 두 개의 X-ray tube를 가지고 있으며 각 tube에 상응하는 검출기를 가지고 있다. A tube는 140 kV의 전압과 162 mAs의 전류로 설정되어 있고, B tube는 100 kV의 전압과 138 mAs의 전류로 설정되어 있다. Tube의 rotation time은 0.33 초 이다.

DE CT-PA는 bolus tracking 기법으로 촬영되었으며 환자의 antecubital 정맥을 통해서 power injector를 이용하여 4m/s의 속도로 50ml의 Iopamidol (370 mg/ml of iodine, Pamiray 370, Dongkook Pharmaceutical, Seoul, Korea) 조영제를 주입하였다. 조영제 주입 후 추가적으로 30ml의 식염수를 주입하였다. 촬영 중에는 환자가 흡기 상태로 숨을 참도록 하였다.



## 2.3. 영상 분석

### 2.3.1. 급성 폐색전증의 진단 및 분석

모든 CT는 흉부 CT를 판독한지 각각 15년과 6년의 경험이 있는 2명의 영상의학과 의사에 의하여 판독 되었으며 두 영상의학과 의사의 의견 일치로 판독되었다.

CT에서 급성 폐색전증의 진단은 폐동맥 혈관 내경의 조영 증강이 보이지 않는 결손이 관찰되며, 결손 주변부로 조영제가 관찰되는 “polo mint” sign, “railway track” sign이 관찰되거나 결손이 동맥벽과 예각을 이루며 만나는 경우에 진단하였다(그림 2). [7]

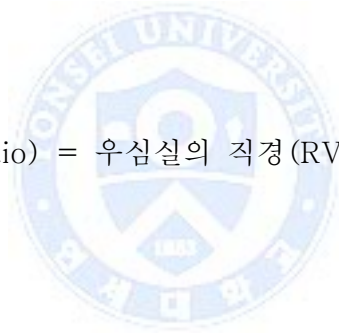
급성 폐색전증이 진단된 경우 폐색전증의 위치를 파악하여서 주폐동맥 (main pulmonary artery), 엽폐동맥 (lobar pulmonary artery), 분절폐동맥 (segmental pulmonary artery), 분절하폐동맥 (subsegmental pulmonary artery)로 분류하였다.

### 2.3.2. 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio, VD ratio) 측정

심실 직경 비는 흉부 CT 판독 6년 경력의 1명의 영상의학과 의사에 의하여 측정되었다.

심실 직경 비는 CT의 axial 이미지에서 측정하였다. Interventricular septum과 free wall 사이를 측정하되 심실의 장축과 수직이 되도록 측정하였으며 영상에서 우심실과 좌심실의 직경이 가장 긴 곳에서 측정하였다(그림 2). 우심실과 좌심실을 각각 측정하여 다음과 같은 공식으로 심실 직경 비를 계산하였다.

$$\text{심실 직경 비 (VD ratio)} = \frac{\text{우심실의 직경 (RVD)}}{\text{좌심실의 직경 (LVD)}} \times 100$$



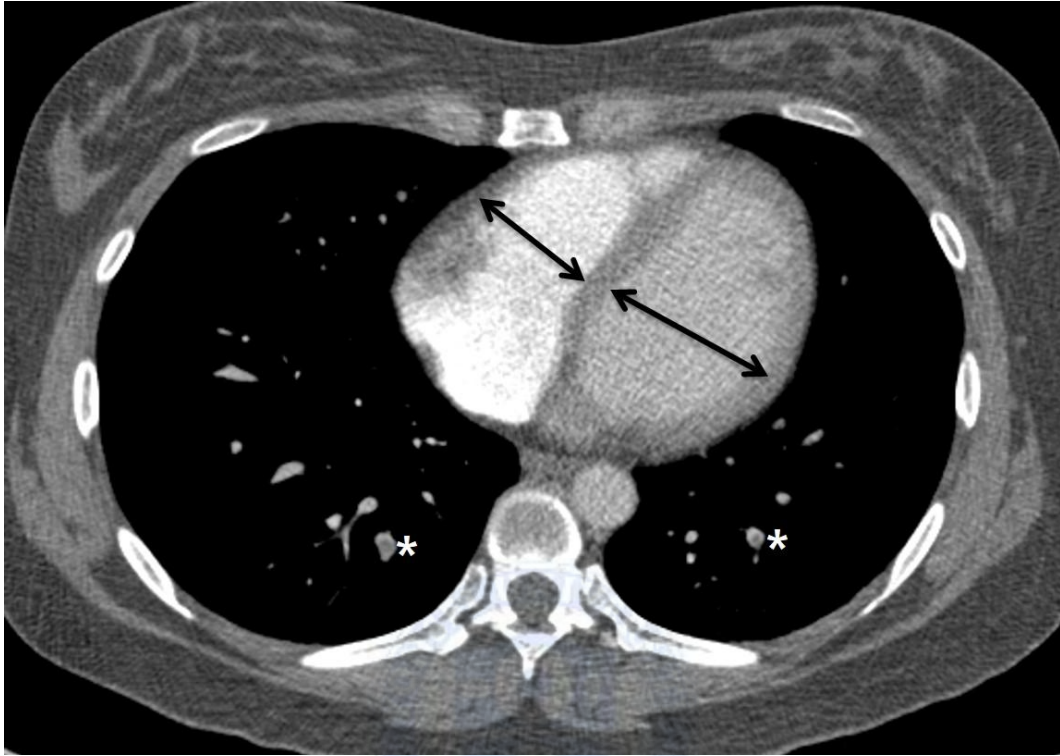


그림 2. 심실 직경 비 측정의 예. CT의 axial 영상에서 각 심실의 직경(화살표)을 측정한다. 장축과 수직이 되면서 가장 긴 거리를 직경으로 하고 그 비를 심실 직경 비로 한다. 결손 주변부로 조영제가 관찰되는 “polo mint” sign의 폐색전증(\*)이 관찰되고 있다.

### 2.3.3. 폐 관류결손부피 (PDvol) 측정

폐 관류결손부피 (PDvol)는 흉부 CT 판독 6년 경력의 1명의 영상의학과 의사에 의하여 측정되었다.

폐 관류결손 부피 측정을 위하여 먼저 영상 후처리 소프트웨어(image post-processing software)인 LungPBV(Syngo Dual Energy, Siemens Healthcare)를 이용하여 요오드 분포 지도(iodine distribution map)을 얻었다(그림 3). 관류결손크기(perfusion defect size)는 부피 분석 소프트웨어 (Volume analysis, software version VE31A, Siemens)를 이용하여 분석하였으며 관류결손은 Hounsfield unit(HU)을 기준으로 -1에서 -1024HU 값을 자동으로 측정하였다(그림 3). 전체 폐부피 (Total lung volume; Totalv)는 Lung Parenchyma Analysis(Syngo InSpace, Siemens Healthcare)를 이용하여 Hounsfield unit(HU)을 기준으로 1에서 1024HU 값을 자동 측정한 값과 -1에서 -1024HU 값을 자동으로 측정한 값을 합하여 측정하였다. 기관 및 기관 분지는 semiautomatic segmentation 기법을 이용하여서 분석에서 제외를 하였다. 관류결손측정치를 의미하는 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트 (RelPD %)는 다음 공식으로 계산하였다. [6]

$$\text{상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트 (RelPD \%)} = 100 \times \frac{\text{폐 관류결손부피 (PDvol)}}{\text{전체 폐 부피 (Total lung volume)}}$$

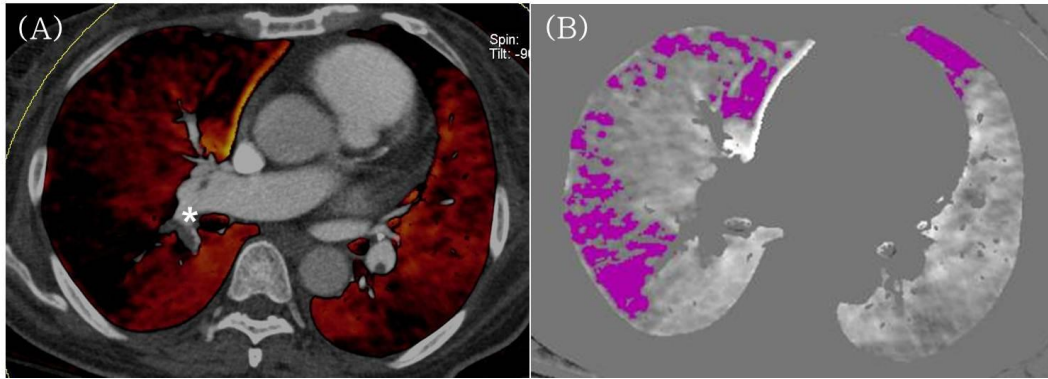


그림 3. LungPBV(Syngo Dual Energy, Siemens Healthcare)를 이용하여 얻은 요오드 분포 지도와 관류 결손 부피 측정의 예. (A) 요오드 분포지도의 axial 영상. 폐색전증(\*)과 썩기 모양의 관류결손이 관찰되고 있다. (B) -1024에서 -1HU 값을 측정하여 얻은 관류결손 부피(PDvol). 이 환자의 폐관류 결손 부피는 247.3 cm<sup>3</sup>으로 측정되었고 관류결손측정치는 13.4%였다.



## 2.4. 통계 분석

성별 등의 범주형 자료는 각 범주의 대상자수와 전체 대상자를 기준으로 한 백분율을 제시하였고 연령과 같은 연속형 자료는 평균, 표준편차, 중위수, 최소값, 최대값 등의 기술통계량을 제시하였다. 사망유무에 따른 두 군간의 통계학적 유의성 검증을 위하여 Shapiro-Wilk test, Mann-Whitney U test, Chi-square test, Fisher's exact test 의 통계방법을 이용하여서 분석하였다. 본 연구에서는 유효성평가항목을 급성 폐색전증 진단일로부터 30일 내의 사망과 폐색전증 연관 사망으로 하여서 분석 하였다.

앞서 정의된 30일 내의 사망과 폐색전증 연관 사망의 유효성 평가항목 예측을 위하여 심실 직경 비와 관류결손측정치의 유용성을 검증하기 위하여 Cox proportional hazard regression model, Concordance (C) statistics의 통계학적 기법을 이용하여서 검증하였다.

Cox proportional hazard regression model을 위해 3가지의 모델을 만들어 분석을 하였다. 모델 1은 임상적 위험인자에 심실 직경 비를 추가한 경우, 모델 2는 임상적 위험인자에 관류결손측정치를 추가한 경우, 모델 3은 임상적 위험인자에 심실 직경 비와 관류결손측정치를 추가한 경우로 구성하여서 각각의 비례위험도와 C-index를 모델 간 비교하였다.

심실 직경 비는 통상적으로 사용되는 1을 기준으로 1보다 크거나 같을 때와 1보다 작을 때로 나누어 분석하였다. [8]

모든 통계는 R (version 3.2.2.; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 이용하였으며,  $P$  value 가 0.05 미만일 경우에 통계학적으로 의미 있는 것으로 보았다.



### 3. 결과

#### 3.1. 대상 환자의 특성 분석

연구에 포함된 최종 대상자는 146명의 급성폐색전증 환자로 남자가 66명(44.9%), 여자가 80명(55.1%)이었으며 평균 나이는 63.6세, 나이의 범위는 22세부터 89세까지였다.

추적일은 평균 462일 이었고, 사망 환자는 총 55명(35.0%)이었다. 그 중에서 30일 내 사망한 환자군은 24명(15.3%)이었고, 폐색전증 연관 사망 환자는 총 20명(12.7%)이었다. 폐색전증 연관 사망 환자는 1명만 30일 이후 사망하였고, 나머지는 모두 30일 내에 사망하였다.

#### 3.2. 임상적 인자 및 영상 분석

심실 직경 비가 1보다 크거나 같은 환자는 50명(34.2%)이었고, 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군(N=24) 중 17명(70.8%)에서 1보다 크거나 같았고, 폐색전증 연관 사망 환자군(N=20) 중에서는 19명(95.0%)에서 1보다 크거나 같았다.



진단일로부터 30일 내 사망한 환자군(N=24)과 생존한 환자군(N=122)의 임상적 특성을 비교해 보았을 때 고혈압 과거력과, 폐렴이 동반된 경우, 30일 내에 수술을 받은 경우, 중심정맥관을 삽입한 경우, 빈맥 및 빈호흡의 동반, 항응고제 치료여부에서 유의한 차이를 보였고 나머지 항목들은 통계학적 차이가 없었다(표1). 영상 분석을 해 보았을 때 폐색전증의 위치는 두군 사이에서 유의한 차이가 없었다. 전체 폐부피(Totalv), 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트(ReIPD %), 좌심실 직경(LVD), 심실 직경 비에서는 유의한 차이를 보였다(표2).

폐색전증 연관 사망 환자군(N=20)과 폐색전증 연관 사망이 아닌 환자군(N=126)의 임상적 특성을 비교해 보면 폐렴이 동반된 경우, 30일 내에 수술을 받은 경우, 빈맥 및 빈호흡의 동반에서 유의한 차이를 보였고 나머지 항목들은 통계학적 차이가 없었다(표1). 영상 분석을 해 보았을 때 30일 내 사망한 환자군과 마찬가지로 폐색전증의 위치는 두군 사이에서 유의한 차이가 없었으며, 전체 폐부피, 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트, 좌심실 직경, 심실 직경 비에서는 유의한 차이를 보였다. 추가적으로 우심실 직경 역시 두 군 간에 유의한 차이를 보였다(표2, 그림4, 그림5).

표1. 환자군의 임상적 특성 (다음 페이지로 연결)

항목	30일 내 사망			폐색전증 연관 사망		
	사망군 (N=24)	생존군 (N=122)	<i>P</i> value	사망군 (N=20)	생존군 (N=126)	<i>P</i> value
나이, Mean±std <sup>a</sup>	69.6±11.2	62.4±14.7	0.0652	69.8±10.8	62.6±14.7	0.0941
성별 <sup>b</sup> , N(%)	14 (58.3)	66 (54.19)	0.7032	10 (50.0)	70 (55.6)	0.6428
<b>동반질환 및 상태</b>						
고혈압, N(%)	17 (70.8)	52 (42.6)	<b>0.0114</b>	13 (65.0)	56 (44.46)	0.0872
당뇨, N(%)	5 (20.8)	33 (27.1)	0.5258	4 (20.0)	34 (27.0)	0.5084
흡연력 <sup>c</sup> , N(%)	3 (12.5)	28 (21.7)	0.5705	2 (10.0)	26 (20.6)	0.3664
심장질환, N(%)	2 (8.3)	12 (10.2)	>.9999	3 (15.0)	11 (8.8)	0.4118
만성폐질환 <sup>d</sup> , N(%)	2 (8.3)	7 (5.7)	0.6422	2 (10.0)	7 (5.6)	0.3562
만성폐쇄성폐질환, N(%)	4 (16.7)	10 (8.2)	0.2484	4 (20.0)	10 (7.95)	0.1033
폐렴, N(%)	11 (45.8)	15 (12.3)	<b>0.0004</b>	8 (40.0)	18 (14.3)	<b>0.0102</b>
암, N(%)	16 (66.7)	69 (56.6)	0.3587	14 (70.0)	71 (56.4)	0.3311
30일 내 수술, N(%)	1 (4.2)	35 (28.7)	<b>0.0108</b>	1 (5.0)	35 (27.8)	<b>0.0268</b>
중심정맥관 삽입, N(%)	6 (25.0)	8 (6.6)	<b>0.0129</b>	4 (20.0)	10 (7.9)	0.1033

<sup>a</sup> Std: standard deviation, <sup>b</sup> 여성 기준

<sup>c</sup> 현재 흡연 중인 경우와 과거에 흡연한 경우 모두 포함

<sup>d</sup> 만성폐쇄성폐질환 제외

표1. 환자군의 임상적 특성 (이전 페이지와 연결)

항목	30일 내 사망			폐색전증 연관 사망		
	사망군 (N=24)	생존군 (N=122)	<i>P</i> value	사망군 (N=20)	생존군 (N=126)	<i>P</i> value
<b>증상과 임상검사</b>						
호흡곤란, N(%)	18(75.0)	69(53.3)	0.0495	75(75.0)	68(54.0)	0.0923
흉통, N(%)	0(0.0)	7(5.7)	0.5999	0(0.0)	7(5.6)	0.5937
기침, N(%)	1(4.2)	1(0.8)	0.3027	1(5.0)	1(0.8)	0.2560
빈호흡 <sup>e</sup> , N(%)	4(16.7)	5(4.1)	<b>0.0405</b>	4(20.0)	5(4.0)	<b>0.0209</b>
빈맥 <sup>f</sup> , N(%)	7(29.2)	8(6.6)	<b>0.0037</b>	6(30.0)	9(7.1)	<b>0.0070</b>
종아리 통증, N(%)	0(0.0)	21(17.2)	0.0250	1(5.0)	20(15.9)	0.3085
D-dimer, Mean ± std	6007.0±9008.0	4754.1±6117.2	0.3795	6026.6±9547.3	4785.8±6097.9	0.2658
<b>치료<sup>g</sup></b>						
항응고제, N(%)	16(66.7)	105(86.1)	<b>0.0346</b>	14(70.0)	107(84.9)	0.1111
항혈소판제, N(%)	1(4.2)	12(9.8)	0.6947	1(5.0)	12(9.5)	>.9999
혈전용해제, N(%)	2(8.3)	3(2.5)	0.1480	2(10.0)	3(2.4)	0.1385

<sup>e</sup> > 20회/분

<sup>f</sup> > 100회/분

<sup>g</sup> 초기 치료

표2. 환자군의 영상 분석

항목	30일 내 사망			폐색전증 연관 사망		
	사망군 (N=24)	생존군 (N=122)	<i>P</i> value	사망군 (N=20)	생존군 (N=126)	<i>P</i> value
폐색전증 위치 <sup>a</sup>			0.5449			0.5926
주폐동맥, N(%)	4(16.7)	37(30.3)		4(20.0)	37(29.4)	
엽폐동맥, N(%)	7(29.2)	34(27.9)		8(40.0)	33(26.2)	
분절폐동맥, N(%)	10(41.7)	41(33.6)		6(30.0)	45(35.7)	
분절하폐동맥, N(%)	3(12.5)	10(8.2)		2(10.0)	11(8.7)	
<b>영상측정항목</b>						
Total <sup>b</sup> (cm <sup>3</sup> ), Mean±std <sup>c</sup>	1423.8±735.4	2192.5±1094.8	<b>0.0010</b>	1573.8±940.3	2144.2±1084.1	<b>0.0198</b>
PDv <sup>d</sup> (cm <sup>3</sup> ), Mean±std	182.4±175.0	182.6±142.1	0.7255	220.5±196.9	176.5±138.0	0.4239
RelPD % <sup>e</sup> (%), ±std	13.1±10.6	9.0±7.2	<b>0.0260</b>	14.4±11.1	9.0±7.1	<b>0.0062</b>
RVD <sup>f</sup> (cm), Mean±std	4.3±0.6	4.0±0.6	0.0573	4.5±0.5	4.0±0.6	<b>0.0004</b>
LVD <sup>g</sup> (cm), Mean±std	3.9±0.5	4.2±0.6	<b>0.0043</b>	3.8±0.4	4.2±0.6	<b>0.0009</b>
VD ratio <sup>h</sup> , ±std	1.1±0.2	1.0±0.2	<b>0.0009</b>	1.2±0.2	1.0±0.2	<b>&lt;.0001</b>

<sup>a</sup> 가장상위레벨만 표시, <sup>b</sup> 전체 폐 부피 (Total lung volume), <sup>c</sup> Std: standard deviation

<sup>d</sup> 폐 관류결손부피(PDvol), <sup>e</sup> 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트

<sup>f</sup> 우심실 직경, <sup>g</sup> 좌심실 직경, <sup>h</sup> 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio)

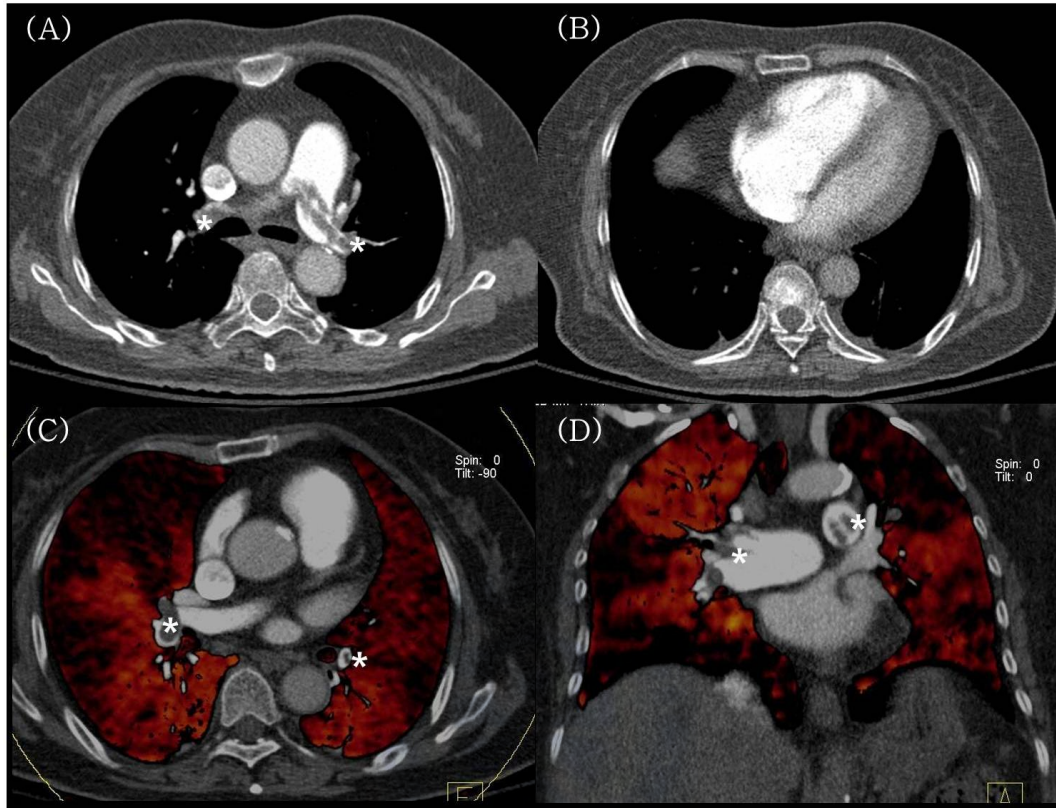


그림 4. 급성 폐색전증으로 진단된 68세 여자 환자의 증례. (A) 양측 주폐동맥에서 급성 폐색전증(\*)이 관찰된다. (B) 심실 직경 비가 1.56으로 우측 심실의 크기가 커져 있다. (C), (D) 요오드 분포 지도에서도 급성 폐색전증(\*) 및 이와 연관된 관류 결손이 관찰되고 있으며 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트(ReIPD %)가 25.73%로 측정되었다. 환자 상태가 악화되어 catheter thrombectomy를 시행하였으나 CT 촬영 후 5일 후에 사망하였다.

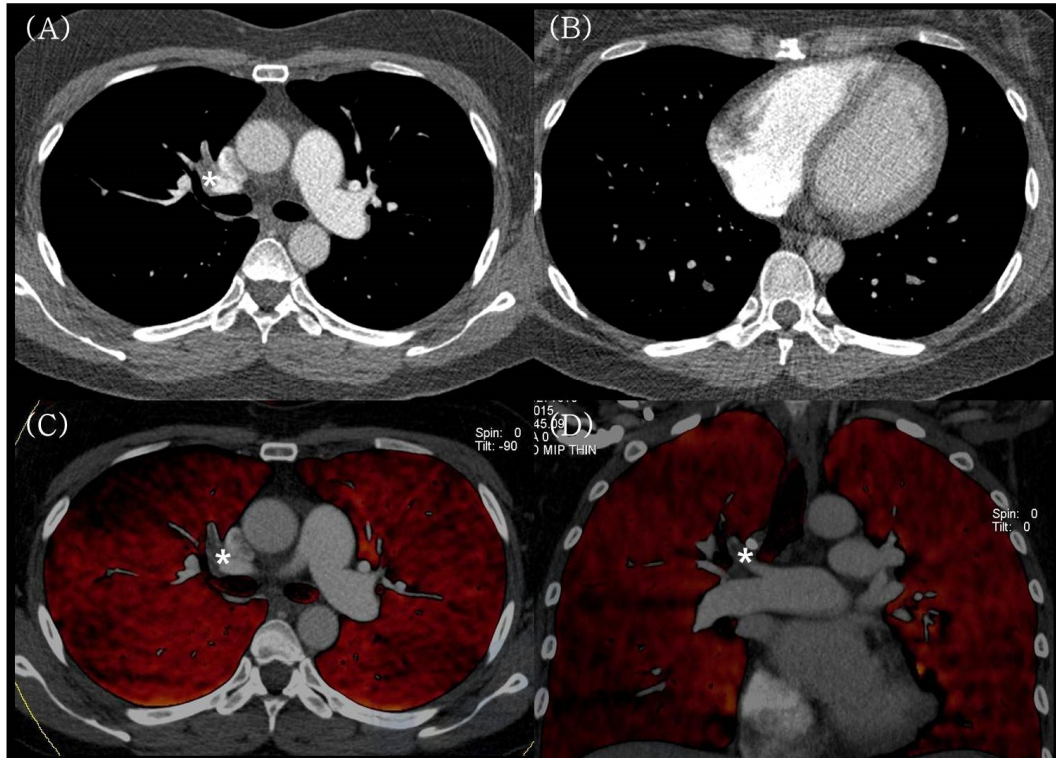


그림 5. 급성 폐색전증으로 진단된 39세 여자 환자의 증례. (A) 우측 상엽폐동맥에서 급성 폐색전증(\*)이 관찰된다. (B) 심실 직경 비가 0.77로 측정되었다. (C), (D) 요오드 분포 지도에서도 급성 폐색전증(\*)이 관찰되고 있으며 상대적 폐관류 결손 부피 퍼센트(RelPD %)는 3.68%로 측정되었다. 항응고제 치료 후 증상 호전되어 퇴원하였으며 추적 검사에서 재발 소견은 보이지 않았다.

### 3.3. 환자의 사망에 영향을 미치는 인자 분석

진단일로부터 30일 내 사망한 환자군에서 여러 인자에 대하여 Cox proportional hazard regression model의 단변수 분석(univariate analysis)을 해보면 나이가 많을 때, 고혈압이 있을 때, 폐렴이 있을 때, CT 촬영 전 30일 내에 수술한 병력이 있을 때, 그리고 중심 정맥관을 삽입한 경우에 유의하게 비례위험도(Hazard ratio; HR)의 차이가 있었으며 심실 직경 비가 클 때와 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트가 클 때에도 유의하게 비례위험도가 높았다(표3).

폐색전증 연관 사망 환자군에서도 같은 단변수 분석을 해보면 나이가 많을 때, 폐렴이 있을 때, 심실 직경 비가 클 때와 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트가 클 때 유의하게 비례위험도가 높았다(표3).

임상적으로 유의한 위험인자들의 영향을 보정하고, 심실 직경 비와 관류결손측정치, 그리고 두 가지를 합쳐서 비례위험도를 비교해 보기 위해 3개의 모델을 이용하여 Cox proportional hazard regression model의 다변수 분석(multivariate analysis)을 시행하고 c-index값을 비교해 보았다(표4, 표5).

임상적 위험인자에 심실 직경 비를 추가한 모델 1에서 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군의 비례위험도는 각각 6.666과 40.273으로 나타났고, C-index는 각각 0.857과 0.889로 측정 되었다. 관류결손측정치를 추가한

모델 2에서는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 1.070과 1.082의 비례 위험도를 보였고, C-index도 0.805와 0.775로 급성 폐색전증 환자들의 사망률과 의미 있는 상관관계를 보였다. 모델 3에서 심실 직경 비는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 5.400과 32.262의 비례 위험도를 보였고, 관류결손측정치는 각각 1.038과 1.037로 1보다는 높지만 앞의 두 모델에 비하여 상대적으로 낮은 비례 위험도를 보였다. C-index는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 0.863과 0.903으로 측정되었다.

정리해 보면, 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군과 폐색전증 연관 사망 환자군 모두 모델1과 2에서 의미 있게 심실 직경 비와 관류결손측정치의 비례위험도가 높았다. 모델3에서도 높은 비례위험도를 보이고 있으며 세 모델에서 모두 1과 가까운 c-index를 보였다. 각 모델의 c-index를 비교해 보았을 때 진단일로부터 30일 내 사망한 환자군에서는 서로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 폐색전증 연관 사망 환자군에서는 모델1과 모델3에서 모델2보다 의미 있게 c-index가 높았고, 모델1과 모델 3사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(표6).

이는 관류결손측정치가 폐색전증의 사망률과 연관이 있으나 심실 직경 비보다 유의할 정도로 연관 있지는 않다는 것을 의미한다. 또한 심실 직경 비와



관류결손측정치 모두를 구하는 것이 심실 직경 비만 구하는 것과 유의한 차이를 보이지 않는다고 분석할 수 있다.



표3. Cox proportional hazard regression model의 단변수 분석(univariate analysis)

항목	30일 내 사망			폐색전증 연관 사망		
	HR <sup>a</sup>	95% CI <sup>b</sup>	P value	HR	95% CI	P value
나이	1.042	1.004, 1.081	<b>0.0280</b>	1.043	1.001, 1.088	<b>0.0440</b>
성별 <sup>c</sup>	1.179	0.529, 2.624	0.6870	0.791	0.329, 1.900	0.6000
D-dimer	1.000	1.000,1.000	0.4430	1.000	1.000,1.000	0.4750
고혈압	3.027	1.254, 7.305	<b>0.0140</b>	2.323	0.926, 5.828	0.0730
당뇨	0.821	0.307, 2.199	0.6950	0.778	0.260, 2.328	0.6540
흡연력 <sup>d</sup>	0.549	0.164, 1.840	0.3310	0.425	0.099, 1.830	0.2500
심장질환	0.885	0.208, 3.762	0.8680	1.707	0.500, 5.826	0.3930
만성폐질환 <sup>e</sup>	1.383	0.325, 5.880	0.6610	1.688	0.392, 7.277	0.4820
만성폐쇄성폐질환	2.235	0.764, 6.543	0.1420	2.782	0.930, 8.325	0.0670
폐렴	4.523	2.024, 10.110	<b>0.0002</b>	3.573	1.459, 8.752	<b>0.0050</b>
암	1.509	0.646, 3.527	0.3420	1.766	0.679, 4.596	0.2440
30일 내 수술	0.118	0.016, 0.877	<b>0.0370</b>	0.144	0.019, 1.072	0.0590
중심정맥관 삽입	3.872	1.536, 9.762	<b>0.004</b>	2.933	0.980, 8.781	0.055
VD ratio <sup>f</sup>	5.811	2.406, 14.03	<b>&lt;.0001</b>	45.77	6.121, 342.2	<b>0.0002</b>
RelPD % <sup>g</sup>	1.042	1.007, 1.078	<b>0.0185</b>	1.051	1.015, 1.088	<b>0.0051</b>

<sup>a</sup> HR: hazard ratio, <sup>b</sup> CI: confidence interval, <sup>c</sup> 여성 기준, <sup>d</sup> 현재 흡연 중인 경우와 과거에 흡연한 경우 모두 포함,

<sup>e</sup> 만성폐쇄성폐질환 제외, <sup>f</sup> 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio), <sup>g</sup> 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트

표4. Cox proportional hazard regression model의 다변수 분석(multivariate analysis); 30일 내 사망

항목	모델 1 <sup>a</sup>			모델 2 <sup>b</sup>			모델 3 <sup>c</sup>		
	HR <sup>d</sup>	95% CI <sup>e</sup>	P value	HR	95% CI	P value	HR	95% CI	P value
나이	1.014	0.971, 1.058	0.5354	1.027	0.982, 1.074	0.2447	1.015	0.971, 1.061	0.4998
고혈압	3.418	1.089, 10.728	0.0352	2.242	0.761, 6.605	0.1431	3.359	1.062, 10.620	0.0391
폐렴	5.511	2.218, 13.694	0.0002	5.684	2.324, 13.901	0.0001	6.434	2.501, 16.554	0.0001
30일 내 수술	0.176	0.035, 0.880	0.0344	0.397	0.084, 1.864	0.2414	0.191	0.037, 0.971	0.0460
중심정맥관 삽입	0.094	0.012, 0.712	0.0221	0.068	0.008, 0.559	0.0123	0.067	0.008, 0.533	0.0107
VD ratio <sup>f</sup>	6.666	2.661, 16.699	<.0001	-	-	-	5.400	2.038, 14.307	0.0007
RelPD % <sup>g</sup>	-	-	-	1.070	1.030, 1.111	0.0004	1.038	0.997, 1.081	0.0706
C-index <sup>h</sup>	0.857			0.805			0.863		

<sup>a</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>b</sup> 임상적 위험인자에 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>c</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio와 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>d</sup> HR: hazard ratio, <sup>e</sup> CI: confidence interval, <sup>f</sup> 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio),

<sup>g</sup> 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트, <sup>h</sup> 0 -1의 값으로 1에 가까울수록 예측능력이 높음

표5. Cox proportional hazard regression model의 다변수 분석(multivariate analysis); 폐색전증 연관 사망

항목	모델 1 <sup>a</sup>			모델 2 <sup>b</sup>			모델 3 <sup>c</sup>		
	HR <sup>d</sup>	95% CI <sup>e</sup>	P value	HR	95% CI	P value	HR	95% CI	P value
나이	1.043	0.997, 1.092	0.0070	1.049	1.003, 1.098	0.038	1.044	0.997, 1.093	0.0701
폐렴	2.240	0.875, 5.733	0.0925	3.480	1.365, 8.874	0.009	2.675	1.016, 7.042	0.0464
30일 내 수술	0.149	0.020, 1.136	0.0662	0.073	0.009, 0.610	0.016	0.103	0.013, 0.846	0.0344
VD ratio <sup>f</sup>	40.273	5.369, 302.080	0.0003	-	-	-	32.262	4.196, 248.084	0.0008
RelPD % <sup>g</sup>	-	-	-	1.082	1.041, 1.125	<.0001	1.037	0.992, 1.083	0.1112
C-index <sup>h</sup>	<b>0.889</b>			<b>0.775</b>			<b>0.903</b>		

<sup>a</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>b</sup> 임상적 위험인자에 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>c</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio와 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>d</sup> HR: hazard ratio, <sup>e</sup> CI: confidence interval, <sup>f</sup> 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio),

<sup>g</sup> 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트, <sup>h</sup> 0 - 1의 값으로 1에 가까울수록 예측능력이 높음

표6. 모델간 c-index 비교 분석

	30일 내 사망		폐색전증 연관 사망	
	<i>P</i> value	C-index <sup>a</sup> 차이의 95% CI <sup>b</sup>	<i>P</i> value	C-index 차이의 95% CI
모델 1 <sup>c</sup> (VD ratio <sup>d</sup> ) vs. 모델 2 <sup>e</sup> (RelPD % <sup>f</sup> )	0.1342	-0.125, 0.005	<b>0.0161</b>	-0.191, -0.026
모델 1 (VD ratio) vs. 모델 3 <sup>g</sup> (VD ratio + RelPD %)	0.4353	-0.023, 0.018	0.0583	-0.033, 0.004
모델 2 (RelPD %) vs. 모델 3 (VD ratio + RelPD %)	0.0523	-0.120, -0.004	<b>0.0034</b>	-0.199, -0.042

<sup>a</sup> 0 - 1의 값으로 1에 가까울수록 예측능력이 높음, <sup>b</sup> CI: confidence interval

<sup>c</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

<sup>d</sup> 심실 직경 비 (RVD/LVD ratio)

<sup>e</sup> 임상적 위험인자에 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델, <sup>f</sup> 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트

<sup>g</sup> 임상적 위험인자에 VD ratio와 RelPD %를 추가한 경우의 비례위험도를 비교한 모델

## 4. 고찰

CT-PA는 폐색전증이 의심되는 환자들에게서 진단을 위해 사용되는 일차적인 검사방법이다. [9,10] CT-PA에서 폐동맥내의 결손을 확인함으로써 폐색전증을 진단 할 수 있다. [7] CT-PA는 진단 뿐만 아니라 예후 예측에도 이용되며, 현재 급성 폐색전증 환자에서 예후 예측 인자로 유용성이 입증된 것은 우심실의 기능 이상이다. [11] 심실 직경 비가 우심실의 기능 이상을 반영하며, 이 비가 통상적으로 0.9 또는 1보다 클 때 예후가 좋지 않다는 것이 이전 연구들에서 보고되었다. [3,8,12-14] CT-PA에서는 이 심실 직경 비를 추가 검사 없이 한번의 촬영을 통해 잴 수 있기 때문에 임상적으로 쉽게 정보를 얻을 수 있다. 측정할 때 axial 영상 또는 4 chamber 영상에서 측정할 수 있고, 최근에는 axial 영상 보다는 4 chamber 영상에서 심실 직경 비를 측정하는 것이 더 예후 예측과 높은 상관 관계를 보인다고 보고 되었다. [15] 하지만 4 chamber 영상은 추가적인 영상 재구성이 필요하기 때문에 분석을 위하여 추가적인 시간이 소요된다는 제한점이 있다.

이전의 다른 연구들과 마찬가지로 본 연구에서도 심실 직경 비를 측정하였을 때 사망한 군과 사망하지 않은 군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었으며 사망한 군에서 심실 직경비가 컸다. 임상적 위험인자에 심실 직

경 비를 추가한 모델 1에서 다른 임상적 위험인자들과 비교해 보았을 때에 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군 모두에서 비례위험도가 각각 6.666과 40.273으로 높게 나타났고, C-index도 각각 0.857과 0.889로 1과 가까운 결과를 보여 기존의 연구들과 일치하는 결과를 보였다.

DE CT-PA가 폐색전증 진단에 이용되면서 한번의 촬영을 통해서 폐색전증의 진단과 심실 직경 비의 측정뿐만 아니라 요오드 분포 지도를 이용한 관류 결손 정도도 측정할 수 있게 되었다. [4] 관류 결손 정도는 과거 핵의학 신티그람을 이용해서만 얻을 수 있는 정보였고, DE CT-PA와 핵의학 신티그람을 이용하여 측정한 관류결손측정치는 높은 상관 관계를 보인다는 연구 결과들이 있다. [16,17] 핵의학 신티그람에서도 급성 폐색전증의 진단 뿐만 아니라 환자의 생존률과 추적관찰에 관한 연구가 진행되어 관류결손의 유용성이 보고 되어 있다. [18]

최근 급성 폐색전증 환자에서 DE CT-PA를 이용한 연구 결과들이 보고되고 있다. Chae 등은 DE CT에서 관류결손이 심실 직경 비와 의미 있는 상관관계를 보이고 급성 폐색전증의 정도를 측정하는 데에 유용하다고 보고하였다. [19] Bauer 등도 관류결손정도가 심실 직경 비와 상관관계를 보이며 더불어 사망률과도 연관되어 있다고 보고하였다. [5] 또한 관류결손의 부피를 측정하는 것이 급성 폐색전증 환자의 예후와 연관성이 크다는 보고도 있다.

[6] 하지만 아직 연구 방법과 연구 인자들의 통일성이 부족하고 환자수가 적어 예후 예측의 유용성을 입증하기에는 제한점이 있다. 또한 심실 직경 비는 판독 과정 중에 axial 영상에서 손쉽게 측정을 할 수 있지만 관류결손측정치는 DE CT-PA에서 폐관류량을 측정하기 위해 다른 소프트웨어를 사용해야 하는 추가적인 과정이 필요하기 때문에 관류결손측정치가 임상적으로 이용되기 위해서는 심실 직경 비보다 예후 예측인자로서 유용성이 크거나 심실 직경 비에 추가적으로 분석될 경우 그 연관성을 증가시킬 수 있는지 증명되어야 한다.

이전의 DE CT를 이용한 연구 결과들과 마찬가지로 본 연구에서도 관류결손측정치를 의미하는 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트가 심실 직경 비와 마찬가지로 사망한 군과 사망하지 않은 군 사이에서 의미 있는 차이가 있음이 관찰되었다. 임상적 위험인자에 관류결손측정치의 비례위험도를 본 모델 2에서도 다른 임상적 위험인자들과 비교해 보았을 때 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 1.070과 1.082의 비례 위험도를 보였고, C-index도 0.805와 0.775로 급성 폐색전증 환자들의 사망률과 의미 있는 상관관계를 보였다. 이런 결과로 관류결손측정치 역시 심실 직경 비와 마찬가지로 급성 폐색전증의 예후와 연관성이 있음을 알 수 있었다.

임상적 위험인자에 심실 직경 비와 관류결손측정치를 모두 적용했을 때의 비례위험도와 C-index를 본 모델3에서 심실 직경 비는 30일 내 사망군과



폐색전증 연관 사망군에서 각각 5.400과 32.262의 비례 위험도를 보였고, 상대적 폐 관류결손 부피 퍼센트(RelPD %)는 각각 1.038과 1.037로 1보다는 높지만 상대적으로 낮은 비례 위험도를 보였다. C-index는 30일 내 사망군과 폐색전증 연관 사망군에서 각각 0.863과 0.903으로 측정되었다.

3개의 모델 모두 1 이상의 의미 있는 비례 위험도를 보였고, C-index 역시 1과 가까운 값을 보였지만, C-index를 비교해 보았을 때 관류결손 측정치만 분석한 모델 2는 심실 직경 비만 분석한 모델 1에 비하여 비슷하거나 작은 C-index를 보였다. 심실 직경 비에 추가적으로 관류결손 측정치가 분석된 모델 3에서도 심실 직경 비만 분석된 모델 1과 비교해 보았을 때 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 즉, 관류결손 측정치를 측정하는 것 역시 급성 폐색전증의 사망률과 연관이 있어 예후를 예측하는 인자이지만 현재 사용되고 있는 심실 직경 비에 비해 연관성이 적으며, 두 가지가 모두 측정되더라도 현재의 심실 직경 비만 측정하는 것에 비해 추가적인 유용성은 없다고 해석할 수 있다.

하지만 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫 번째로 후향적으로 연구되어 통계적 오류들을 모두 통제하기가 어려웠고 목표 대상자 수가 명확히 규정되지 않았다. 추후 전향적 방법을 이용한 큰 규모의 연구가 필요할 것으로 사료된다. 두 번째로 DE CT-PA에서 관류결손을 측정하기 위한 명확한 방법

이 아직 정립이 되어 있지 않다. 환자에 따라서 폐 전체에 조영제가 분포되는 시간이 다를 수 있지만 촬영하는 방법, 조영제의 농도 및 양, HU threshold의 기준, 관류 결손의 측정 방법 등에 대하여 아직 정립된 표준적인 방법이 없어서 연구마다 측정치가 다를 수 있는 제한 점이 있다. 본 연구에서는 통상적으로 CT-PA에서 사용되는 촬영 방법에 의하여 촬영되었다. 세 번째로 환자에게 피폭되는 방사선량을 줄이는 것이 최근의 추세이지만 DE CT의 방사선량이 일부 많을 수 있다. 이는 DE CT가 사용됨에 따라 추후에 하드웨어적, 소프트웨어적 기술로 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 마지막으로 이미 폐관류의 결손이 동반된 파괴폐나 만성 폐쇄성 폐질환 환자에 대한 분류나 제외기준이 마련되지 않았다. 실제 전체 폐부피가 사망군과 생존군 사이에 유의한 차이를 보였다.

## 5. 결론

급성 폐색전증 환자의 이중 에너지 전산화 단층 촬영에서 측정한 관류결손측정치가 30일내 사망군과 폐색전증 연관 사망군 모두에서 예후를 예측하는데 유용한 인자였다.

하지만 현재 사용되고 있는 심실 직경 비와 비교해 보았을 때 관류결손측정치 단독으로 사용된 경우와 심실 직경 비에 추가적인 지표로 사용된 경우 모두에서 예후 예측인자로서 추가적인 유용성은 없었다.

예후 예측 인자로서의 정확한 연구를 위하여 추후 전향적인 방법으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] Lualdi JC, Goldhaber SZ. Right ventricular dysfunction after acute pulmonary embolism: pathophysiologic factors, detection, and therapeutic implications. *Am Heart J.* 1995 Dec;130(6):1276–82.
- [2] Remy–Jardin M, Pistolesi M, Goodman LR, et al. Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CTangiography: a statement from the Fleischner Society. *Radiology.* 2007 Nov;245(2):315–29.
- [3] U. Joseph Schoepf, Kucher N, Kipfmueller F, et al. Right Ventricular Enlargement on Chest Computed Tomography A Predictor of Early Death in Acute Pulmonary Embolism. *Circulation.* 2004 Nov 16;110(20):3276–80.
- [4] Ferda J, Ferdová E, Mírka H, et al. Pulmonary imaging using dualenergy CT, a role of the assessment of iodine and air distribution. *Eur J Radiol.* 2011 Feb;77(2):287–93.
- [5] Bauer RW, Frellesen C, Renker M, et al. Dual energy CT pulmonary blood volume assessment in acute pulmonary embolism – correlation with D–dimer level, right heart strain and clinical outcome. *Eur Radiol.* 2011 Sep;21(9):1914–21.
- [6] Apfaltrer P, Bachmann V, Meyer M, et al. Prognostic value of perfusion defect volume at dual energy CTA in patients with

- pulmonary embolism: Correlation with CTA obstruction scores, CT parameters of right ventricular dysfunction and adverse clinical outcome. *Eur J Radiol.* 2012 Nov;81(11):3592–7.
- [7] Wittram C1, Maher MM, Yoo AJ, et al. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics.* 2004 Sep–Oct;24(5):1219–38.
- [8] van der Meer RW, Pattynama PM, van Strijen MJ et al. Right Ventricular Dysfunction and Pulmonary Obstruction Index at Helical CT: Prediction of Clinical Outcome during 3–month Follow–up in Patients with Acute Pulmonary Embolism. *Radiology.* 2005 Jun;235(3):798–803.
- [9] Goldhaber SZ, Elliott CG. Acute pulmonary embolism: Part II. Risk stratification, treatment, and prevention. *Circulation.* 2003 Dec 9;108(23):2834–8.
- [10] Schoepf UJ, Costello P. CT angiography for diagnosis of pulmonary embolism: state of the art. *Radiology.* 2004 Feb;230(2):329–37.
- [11] Sanchez O, Trinquart L, Colombet I, et al. Prognostic value of right ventricular dysfunction in patients with haemodynamically stable pulmonary embolism: a systematic review. *Eur Heart J.* 2008 Jun;29(12):1569–77.
- [12] Becattini C, Agnelli G, Vedovati MC, et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism: diagnosis and risk stratification in a single test. *Eur Heart J.* 2011 Jul;32(13):1657–63.

- [13] Trujillo-Santos J, den Exter PL, Gómez V, et al. Computed tomography-assessed right ventricular dysfunction and risk stratification of patients with acute nonmassive pulmonary embolism: systematic review and meta-analysis. *J Thromb Haemost.* 2013 Oct;11(10):1823-32.
- [14] Becattini C, Agnelli G, Germini F, et al. Computed tomography to assess risk of death in acute pulmonary embolism: a meta-analysis. *Eur Respir J.* 2014 Jun;43(6):1678-90.
- [15] Lu MT, Demehri S, Cai T, et al. Axial and Reformatted Four-Chamber Right Ventricle-to-Left Ventricle Diameter Ratios on Pulmonary CT Angiography as Predictors of Death After Acute Pulmonary Embolism. *AJR Am J Roentgenol.* 2012 Jun;198(6):1353-60.
- [16] Thieme SF, Graute V, Nikolaou K, et al. Dual energy CT lung perfusion imaging—correlation with SPECT/CT. *Eur J Radiol.* 2012 Feb;81(2):360-5.
- [17] Thieme SF, Becker CR, Hacker M, et al. Dual energy CT for the assessment of lung perfusion—correlation to scintigraphy. *Eur J Radiol.* 2008 Dec;68(3):369-74.
- [18] Miniati M, Monti S, Bottai M, et al. Survival and Restoration of Pulmonary Perfusion in a Long-Term Follow-Up of Patients After Acute Pulmonary Embolism. *Medicine (Baltimore)* 2006 Sep;85(5):253-62.

- [19] Chae EJ, Seo JB, Jang YM, et al. Dual-energy CT for assessment of the severity of acute pulmonary embolism: pulmonary perfusion defect score compared with CT angiographic obstruction score and right ventricular/left ventricular diameter ratio. *AJR Am J Roentgenol.* 2010 Mar;194(3):604–10.
- [20] Fink C, Johnson TR, Michaely HJ, et al. Dual-energy CT angiography of the lung in patients with suspected pulmonary embolism: initial results. *Rofo.* 2008 Oct;180(10):879–83.



## ABSTRACT

### Assessment of prognosis in acute pulmonary embolism using dual-energy CT pulmonary angiography with perfusion defect measurement

Directed by Woocheol Kwon

Department of Medicine

The Graduate School, Yonsei University

Dongjin Im

**PURPOSE:** Dual-energy computed tomography (DE CT) can provide information on lung perfusion defects using iodine distribution maps. It is useful for the diagnosis and prediction of prognosis of acute pulmonary embolism (PE). In this study, we assessed the relationship between relative lung perfusion defect (RelPD %) measured by DE CT and mortality, and also the additional effectiveness of RelPD % in the prediction of prognosis as compared to ventricular diameter ratio (VD ratio) in PE patients.

**MATERIALS AND METHODS:** From June 2010 to July 2015, 146 patients who underwent DE CT and were diagnosed with acute PE were



recruited for this study. The primary endpoints were 30-day all-cause mortality and PE-related mortality. Comparison of hazard ratio was performed using the Cox proportional hazards regression model and concordance index (C-index). We constructed three models: model 1 comprised addition of VD ratio to the clinical risk factors, model 2 comprised addition of RelPD % to the clinical risk factors, and model 3 comprised addition of VD ratio and RelPD % to the clinical risk factors.

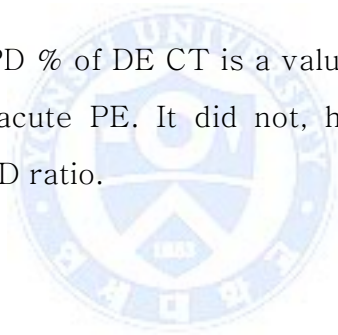
RESULTS: Among 146 patients with acute PE, 24 (15.3%) died within 30 days and 20 (12.7%) died of PE-related causes. The VD ratio of patients with 30-day all-cause mortality was significantly higher than that of the survivor group (1.12 versus 0.96,  $p < 0.05$ ), and the VD ratio of patients with PE-related mortality was also significantly higher than that of the survivor group (1.14 versus 0.96,  $p < 0.05$ ). The RelPD % of patients with 30-day all-cause mortality (13.1%) and PE-related mortality (14.4%) was higher than that of the survivor group (9.0% and 8.9%, all  $p < 0.05$ , respectively).

In model 1, the hazard ratios of patients with 30-day all-cause mortality and PE-related mortality were 6.666 and 40.273, respectively, while the C-indexes were 0.857 and 0.889, respectively. In model 2, the hazard ratios of patients with 30-day all-cause mortality and PE-related mortality were 1.070 and 1.082, respectively, while the C-indexes were 0.805 and 0.775, respectively.

In model 3, the hazard ratios associated with the VD ratio were 5.400 for patients with 30-day all-cause mortality and 32.262 for those with

PE-related mortality. The hazard ratios for RelPD % were 1.038 for 30-day all-cause mortality and 0.037 for PE-related mortality. These values showed relatively lower hazard ratios than those of models 1 and 2. The C-indexes of the patients with 30-day all-cause mortality and PE-related mortality were 0.863 and 0.903, respectively. There was no significant difference among the C-indexes of models 1, 2, and 3 for patients with 30-day all-cause mortality. The C-indexes of models 1 and 3 were higher than that of model 2 for patients with PE-related mortality, while there was no significant difference between models 1 and 3.

CONCLUSION: The RelPD % of DE CT is a valuable prognosis prediction factor in patients with acute PE. It did not, however, show additional effectiveness over the VD ratio.



---

Key words : Acute pulmonary embolism, Dual-energy computed tomography, Pulmonary angiography, Ventricular diameter ratio, Relative lung perfusion defect percent